

Екологічний ризик функціонування хімічного комплексу та методи його обрахування

Економічний розвиток будь-якої країни світу супроводжується забрудненням довкілля. Адже для виробництва залучаються природні ресурси, а натомість утворюються різноманітні відходи. Найважливішим підсумком останніх двох десятиліть є дійсне усвідомлення екологічної проблеми, відчуття екологічної кризи, особливо в умовах кризових явищ в економіці.

Економічна криза призвела до зменшення об'ємів викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище та зменшення об'ємів споживання природних ресурсів внаслідок спаду промислового виробництва. Так, у 1997 р. порівняно з 1991 р. обсяги викидів стаціонарними джерелами шкідливих речовин тільки по Київській області (без м. Києва) зменшились на 154 тис. тонн, або на 65% (а в порівнянні з 1996 р. збільшились на 3 тис. тонн). По хімічній і нафтохімічній галузі народногосподарського комплексу Київського регіону у 1996 р. порівняно з 1991 р. обсяги викидів забруднюючих речовин зменшились на 14,6 тис. тонн. Однак темпи зменшення викидів шкідливих речовин значно менші порівняно із зниженням темпів споживання природних ресурсів та темпів спаду об'ємів виробництва як у хімічному комплексі, так і в цілому по народногосподарському комплексу Київського регіону, що свідчить про напружений, майже кризовий екологічний стан. Основні причини кризової ситуації зводяться до таких: затратний характер економіки, орієнтований не на задоволення безпосередніх потреб населення, а на максимальне залучення у господарську діяльність ресурсів; відомчий поресурсний підхід до охорони навколишнього середовища; неекологічність технології; морально і фізично застаріле устаткування, низька економічна зацікавленість підприємств у здійсненні природоохоронної діяльності; низький рівень екологічної культури, освіти. Все це вимагає розробки оптимальної еколого-економічної концепції подальшого розвитку регіонів України.

Безумовно, досягнення рівня абсолютної економічної безпеки практично неможливе. Однак існує поняття "екологічний ризик", яке пов'язане з екологічною безпекою. Н.Ф. Реймерс екологічний ризик розглядає як ймовірність несприятливих для екологічних ресурсів будь-яких (навмисних або випадкових, поступових чи катастрофічних) антропогенних змін природних об'єктів і факторів.¹

Економіка ризику розв'язує задачу залежності між зниженням рівня ризику при застосуванні різних способів виробництва і допомагає обрати той варіант, що забезпечує найменші сукупні витрати при заданому рівні ризику. Ризик означає можливість появи надзвичайної ситуації.

Оцінка ризику – це комплекс дій, спрямованих на оцінку, аналіз та ідентифікацію механізмів виникнення явищ, що мають вплив на спосіб життя, здоров'я людей з метою запобігання відхиленням (загрозам, шкоді, втратам тощо) або протидії їх виникненню.²

¹ Реймерс Н. Ф. *Природопользование: Словарь-справочник*. - М.: Мысль, 1990. - 637с.

² *Природоокористування і охорона навколишнього середовища: Зб. наук. пр. - К.: РВПС України НАН України, 1998. - 284 с.*

Основними елементами оцінки ризику є джерела і фактори ризику, а також об'єкти потенційного впливу. При цьому визначаються всі підприємства та існуючі там технології, фактори ризику, ймовірний вплив на здоров'я людини і середовище при експлуатації об'єкта, а також вірогідність небезпечного впливу при залпових викидах та аваріях. Результат розрахунків покаже рівень промислового ризику.

Сукупний збиток, завданий регіону за допомогою екстернальних ефектів функціонування підприємств, може бути оцінений за допомогою математичної моделі Шостак Л.Б.¹, у якій сукупний збиток дорівнює сумі збитків, які завдані усім галузям економіки та населенню регіону.

$$D_{\Sigma i} = D_{h\Sigma} + \left(\sum_{j=1}^k D_{je} + \sum_{j=1}^l D_{jn} + \sum_{j=1}^f D_{jm} \right),$$

де $D_{\Sigma i}$ – сукупний збиток;

$D_{h\Sigma}$ – шкода, завдана здоров'ю населення регіону від сукупного впливу забруднюючих речовин (ареал ушкодження);

D_{je} – збиток, завданий економіці регіону за рахунок збитків завданих сільському господарству, промисловості, транспорту, зв'язку тощо;

k – загальна кількість галузей;

D_{jn} – збиток, завданий навколишньому середовищу і природним ресурсам;

l – кількість компонентів біосфери;

D_{jm} – збиток, завданий муніципальному господарству регіону ушкодження;

f – кількість підрозділів.

Е.В. Мішенін² розглядає оцінку еколого-економічного ризику наднормативного викиду шкідливих речовин у навколишнє середовище для лісового комплексу як очікувану величину збитків:

$$R_e = p_m M_m \Pi_m.$$

де R_e – величина еколого-економічного ризику наднормативного, надлімітного викиду (скиду) (грошова одиниця виміру);

p_m – ймовірність виникнення наднормативного, надлімітного викиду (скиду);

M_m – наведена маса наднормативного, надлімітного викиду (скиду);

Π_m – ставка штрафних платежів за перевищення дозволеного річного викиду чи компенсації економічного збитку, спричиненого наднормативним викидом шкідливих речовин відповідно до чинних нормативних документів.

Ймовірність виникнення наднормативного (надлімітного) викиду (скиду) орієнтовно можна оцінити як відношення:

$$p_m = \frac{N_m}{N},$$

¹ Шостак Л.Б. Пастушенко Т.Г. Эколого-экономическая модель распределения финансовой ответственности между предприятиями - загрязнителями окружающей среды. // Тр. Шестого междунар. симпозиума "Применение математических методов и компьютерных технологий по решению задач геохимии и охраны окружающей среды". - Киев., 1998. - С.55 - 60.

² Мишенін Е.В. Эколого-экономические проблемы природопользования в лесном комплексе. - Сумы. ИПП Мрія-1 ЛТД, 1998. - 271 с.

де N – кількість підприємств галузі, що діють у регіоні;

N_{Σ} – кількість підприємств галузі, які мають наднормативний (надлімітний) викид шкідливих речовин.

Інший підхід пропонує у своїй роботі О.В. Бутрін, який розглядає ймовірність P_i виникнення надзвичайної ситуації на окремому підприємстві за формулою:

$$P_i = \varphi (U_i, V_i, F_i),$$

де φ – функція від наступних аргументів:

U_i – обсяг випуску продукції;

V_i – обсяг коштів, спрямованих на попередження надзвичайної ситуації;

F_i – рівень спрацьованості основних виробничих фондів.

На основі розрахунків окремих P_i автор за відомим з теорії ймовірності співвідношенням пропонує формулу для знаходження ймовірності виникнення надзвичайної ситуації у регіоні.

Однак у цій методиці поза увагою залишається економічний бік екологічного ризику. Також не визначений конкретний шлях розрахунків P_i на окремих підприємствах.

Хімічне виробництво є фактором соціо-екологічного ризику та екстермальних збитків через сукупність супутніх такому виробництву негативних наслідків:

- вичерпання і погіршення якості життєзабезпечуючих ресурсів;
- забруднення повітря викидами, що містять токсичні речовини, канцерогени, тверді частинки;
- забруднення води недоочищеними стічними водами;
- розміщення твердих, в тому числі токсичних відходів;
- забруднення ґрунтового покриття і ґрунтових вод;
- шуму і вібрації.

Більша половина хімічних підприємств Київщини – потенційно екологічно небезпечні об'єкти. Накопичення промислових відходів підприємствами Київської області за 1997 рік складає 5,66 тис. тонн, у тому числі 79,1 тонни – відходи 1 класу небезпеки та 318,9 тонни – відходи 2 класу небезпеки.

Основні причини техногенно-небезпечного стану в Київському регіоні:

- значна зношеність основних виробничих фондів;
- зростання числа випадків порушень техніки безпеки і правил експлуатації об'єктів;
- незадовільне зберігання, утилізація і захоронення високотоксичних і побутових відходів;
- забруднення поверхневих і річкових стоків недоочищеними промисловими скидами також порушує безпечність екологічних систем на державному і міждержавному рівнях.

Проблема накопичення відходів може бути вирішена шляхом оновлення технологій, переробки, впровадження відповідного нормативно-правового та економічного регулювання об'ємів використання вторинної сировини, підвищення ефективності системи переробки і знешкодження відходів.

В Україні розрізняють дві категорії регіональних несприятливих екологічних ситуацій: екологічна катастрофа, в результаті якої гине велика кількість живих організмів, і це веде до економічних збитків, та екологічна небезпека, при якій з'являються ознаки несприятливих змін, що ставлять під загрозу здоров'я людини, стан природних об'єктів та господарську діяльність.

До зони екологічної біди Виноградов Б.В. та ін. (1993) відносять три рівні екологічного порушення: зони ризику, зони екологічної кризи, зони екологічної біди-катастрофи.

Зона екологічного ризику включає території з помітним зниженням продуктивності і стійкості екосистем, максимумом нестабільності, що ведуть у подальшому до спонтанної деградації екосистем, але ще з оборотними порушеннями екосистем, що передбачають скорочення господарського використання і планування поверхневого покращення. Деградація земель спостерігається на 5-20% площі.

Зона екологічної кризи включає території із значним зниженням продуктивності і втратою стійкості, трудно оборотними порушеннями екосистем, що передбачають лише їх вибіркоче господарське використання і планування глибокого покращення. Деградація земель спостерігається на 20-50% площі.

Зона екологічної біди-катастрофи включає території з повною втратою продуктивності, практично необоротними порушеннями екосистем, що повністю вилучають територію з господарського використання і вимагають докорінного покращення. Деградація земель перевищує 50% площі.

Київський регіон належить сьогодні до зони екологічної кризи з тенденцією переходу в зону екологічної біди, якщо питанням екологічної безпеки не приділять належної уваги.

Автором пропонується підхід до розрахунків екологічного ризику на основі розгляду діяльності окремого підприємства хімічної галузі. Оскільки надзвичайна ситуація на окремому підприємстві може спричинити наслідки, які матимуть вплив на безпеку існування всього регіону, за головний показник небезпеки приймемо величину збитків, яка, у свою чергу, визначає критичну величину викидів на окремому підприємстві. Для розрахунків за методикою, що пропонується, необхідно мати інформацію про величину викидів за останні декілька років, а також про покомпонентну величину нормативних викидів. Також потрібні дані про величину збитків на одиницю наднормативних викидів або тариф штрафних санкцій за наднормативний викид.

Розглянемо регіональний екологічний ризик, який створюють підприємства хімічної галузі. Нехай у даному регіоні існує n підприємств, кожне з яких здійснює викид шкідливих речовин m у зовнішнє середовище. Тоді $x_{ij}(t)$ викид i підприємством ($1 \leq i \leq n$) j -компоненти забруднення ($1 \leq j \leq m$) за одиницю часу t (місяць, рік). Загальний викид i підприємства:

$$z_i(t) = \sum_{j=1}^m x_{ij}(t) \quad (1),$$

а загальний викид j -компоненти забруднення всіма підприємствами:

$$z_j(t) = \sum_{i=1}^n x_{ij}(t) \quad (2),$$

Загальновідомо, що державними органами контролю визначений для кожного підприємства нормативний компонентний склад викидів, який можна описати матрицею $\{y_{ij}\} (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m)$.

Небезпечна екологічна ситуація у регіоні виникає, коли для деяких i та j на час t виконується умова:

$$x_{ij} - y_{ij} > 0 \quad (3),$$

У регіонах з розвинутою хімічною промисловістю умова (3) виконується майже завжди, тоді на i підприємство накладаються штрафні санкції (різноманітні екологічні платежі). Ми зупинимося на понятті регіональної екологічної катастрофи, яка найповніше відповідає умовам сучасного розвитку і функціонування підприємств хімічного комплексу.

Екологічною регіональною небезпекою ми вважаємо, як це прийнято у розрахунках з теорії економічного ризику,¹ небезпеку, загальні збитки Z від якої дорівнюють доходній статті бюджету від функціонування хімічних виробництв регіону D ($Z \geq D$) або перевищують її.

Нехай небезпека виникла як наслідок розвитку подій на i підприємстві у момент часу t_0 і умова (3) виконується за рядом компонентів забруднення.

Розрахуємо у загальному вигляді ймовірність екологічної катастрофи. Шкідливість окремих типів викидів різна. Відповідні збитки Z_i пропорційні величинам наднормативних викидів з коефіцієнтами пропорційності τ_j , що залежать від виду показників шкідливих речовин, при цьому вважається, що збитки як наслідок викидів, які нижчі за нормативні, відсутні.

$$Z_i = \sum_{j=1}^n (x_j - y_j) \tau_j \theta(x_j - y_j) \quad (4),$$

$$\text{де} \quad \theta(x) = \begin{cases} 1, x \geq 0 \\ 0, x < 0 \end{cases}$$

Звичайно, можна вважати, що для окремого підприємства, якщо відома загальна сума викидів z_i можна визначити окремі компоненти забруднення за відомими складовими p_{ij} ($\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1$):

$$x_{ij} = z_i p_{ij} \quad (5).$$

Тоді загальна сума збитків перетворюється у вираз:

$$Z_i = \sum_{j=1}^n (z_i p_{ij} - y_j) \tau_j \theta(x_j - y_j),$$

який у свою чергу можна перетворити:

$$Z_i = z_i \sum_{j=1}^n p_{ij} \tau_j - \sum_{j=1}^n y_j \tau_j \quad (6).$$

Множник $\theta(x_j - y_j)$ надалі опускаємо, оскільки беремо до уваги лише наднормативні викиди.

Зміни, які розташовані під знаком суми, відомі: p_{ij} визначають у середньому процентний склад j забруднення викидів i підприємства. Величини y_j для кожного підприємства відомі, а τ_j взагалі визначений як базовий норматив плати². Вираз (6) можна розв'язати відносно суми викидів, що дає відповідні збитки z_i :

¹ В.В. Вітлінський Аналіз, оцінка і моделювання економічного ризику. - К.: Деліур, 1996. - 209 с.

² Екологія і закон: У 2 т. - К.: Юрінком Інтер, 1998. - Т. 1. - С. 230

$$z_i = \frac{3_i + \sum_{j=1}^m y_j \tau_j}{\sum_{j=1}^m p_j \tau_j} \quad (7).$$

Якщо $3_i = 0$, то отримаємо сумарний викид, який за погодженням не завдає шкоди зовнішньому середовищу.

При $3 \geq D$ ми отримаємо суму викидів $\tilde{z}_i$ окремого підприємства, яке спричиняє екологічну катастрофу:

$$\tilde{z}_i = \frac{D + \sum_{j=1}^m y_j \tau_j}{\sum_{j=1}^m p_j \tau_j} \quad (8).$$

Вважаємо, що підсумковий викид i підприємства $z_i(t)$ відомий на часовому інтервалі T ($t = 1, 2, \dots, T$). При цьому процес вважається стаціонарним, тобто перший і другий моменти не залежать від часу. Тоді середній викид підприємства і середньоквадратичне відхилення розраховуються відповідно¹:

$$\begin{aligned} \bar{z}_i &= \sum_{t=1}^T z_i(t) / T \\ \sigma_i^2 &= \sum_{t=1}^T z_i^2(t) / T - \bar{z}_i^2 \end{aligned} \quad (9).$$

Ймовірність екологічної катастрофи за рахунок окремого підприємства можна розрахувати, використовуючи нерівність Чебишева:

$$P(|\tilde{z}_i - \bar{z}_i| > \Delta_i) \leq \frac{\sigma_i^2}{\Delta_i^2} \quad (10),$$

де Δ – відхилення від середнього викиду.

Відхилення, яке викликає екологічну небезпеку:

$$\Delta_i = \frac{D + \sum_{j=1}^m y_j \tau_j}{\sum_{j=1}^m p_j \tau_j} - \bar{z}_i$$

Аварія на одному з виробництв регіону може спричинити надзвичайну ситуацію на сусідніх підприємствах. Така перспектива знижує загальний рівень екологічної безпеки. Тоді ймовірність екологічної катастрофи для даного регіону як наслідок негараздів на i підприємстві визначається:

$$P_i(3 \geq D) = \frac{1}{2} \frac{\sigma_i^2}{\Delta_i^2} \quad (11).$$

Множник $\frac{1}{2}$ виникає як результат того, що нерівність (10) включає відхилення від середнього як у напрямі збільшення викидів, так і їх зменшення.

Однак екологічна катастрофа можлива і як наслідок негараздів на кількох підприємствах, у кожному з яких викиди не досягли катастрофічного рівня. Перетворюємо (6) у вираз:

¹ В.А. Колмаев, О.В. Староверов, В.Б. Турундаевский Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Высшая школа, 1991, - 400 с.

$$Z_i = z_i r_i - w_i,$$

$$\text{де} \quad r_i = \sum_{j=1}^n p_j \tau_{ij}; \quad w_i = \sum_{j=1}^n y_j \tau_{ij}.$$

Тоді загальна сума збитків від наднормативних викидів підприємств хімічної промисловості відобразить ймовірність екологічної катастрофи:

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i = \sum_{i=1}^n z_i r_i - \sum_{i=1}^n w_i, \quad (12).$$

Однак цей шлях пов'язаний з великою кількістю розрахунків, і в першому наближенні можна оцінити ймовірність екологічної катастрофи за формулою:

$$P(Z > D) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) \quad (13),$$

де $P(Z > D)$ є ймовірність, що збитки за наднормативний викид хоч би на одному підприємстві перевищать доходну статтю бюджету регіону.

Ми вважаємо, що оцінка (13) дає занижене значення ймовірності без урахування можливості негараздів на декількох підприємствах, кожне з яких не досягає граничного рівня (за рівнем збитків).

Підводячи підсумки, вважаємо, що:

а) оцінка ймовірності екологічної катастрофи базується на платоспроможності регіону;

б) для оцінки ризику окремого підприємства (ймовірності події, яка має значний вплив на всю економіку регіону) необхідна кількісна інформація про викиди за деякий проміжок часу або статистичні характеристики викидів, отримані іншим шляхом (характеристики очисних споруд);

в) в умовах спаду виробництва необхідно враховувати залежність головних характеристик процесу забруднення від часу;

г) величина оцінки екологічного ризику тісно пов'язана з прийнятою величиною τ , яка має зміст грошових витрат як наслідку наднормативного одиничного викиду, тому необхідно удосконалювати шляхи отримання оцінок окремих компонентів екологічних збитків.